

Cited Reference 1 Abstract

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-132259

(43)Date of publication of application : 28.05.1996

(51)Int.Cl.

B23K 26/00

B23K 26/06

B23K 26/08

(21)Application number : 07-091275

(71)Applicant : RIKAGAKU KENKYUSHO

(22)Date of filing : 24.03.1995

(72)Inventor : KAWAMURA YOSHIYUKI
TOYODA KOICHI

(30)Priority

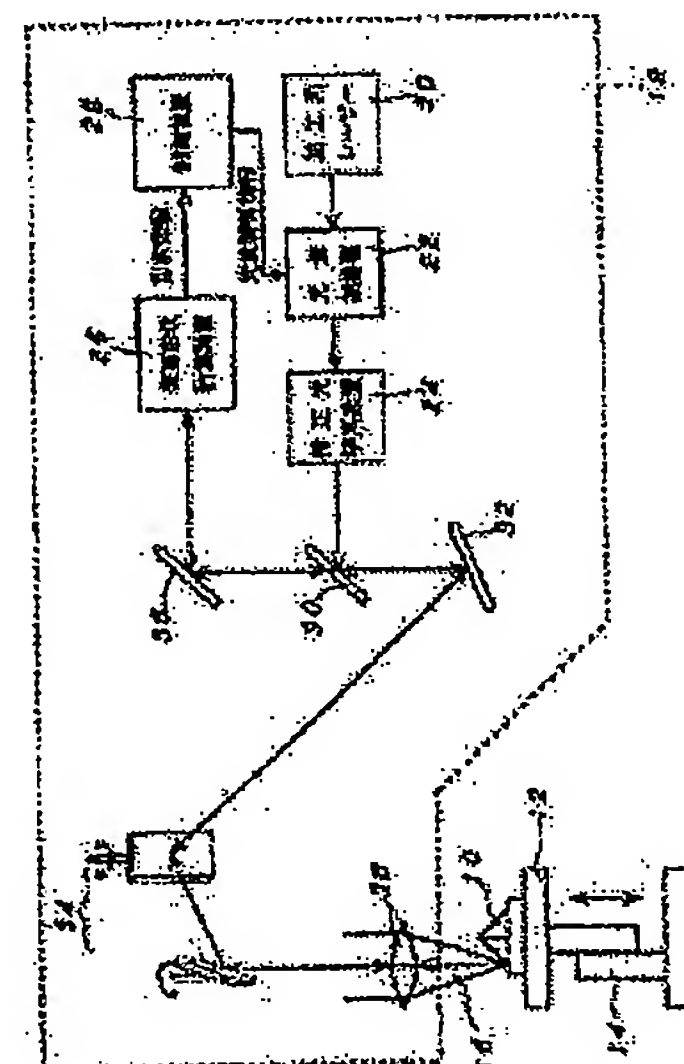
Priority number : 06244763 Priority date : 13.09.1994 Priority country : JP

(54) LASER MACHINING METHOD AND DEVICE THEREFOR

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide a laser machining method and its device which are capable of forming a body with a minute arbitrary shape from a desired material without limiting the material to be machined.

CONSTITUTION: A measuring laser beam for measuring the surface shape of an object 10 to be machined and a machining laser beam for removing a surface substance with the irradiation on the surface of the object 10 are converged on the surface of the object 10 by means of the same condensing lens 38. The converging point on the surface of the object 10 is scanned on the surface and also, while the converging point is moved successively by steps from the surface to the inner part of the object 10, in accordance with the surface shape of the object 10 measured by the measuring laser beam, only a substance at a desired part is removed from the surface by the irradiation of the machining laser beam to form the object 10 into the desired cubic shape.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-132259

(43) 公開日 平成8年(1996)5月28日

(51) Int.Cl. ⁸	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
B 2 3 K 26/00	E A G M N			
審査請求 未請求 請求項の数18 F D (全 14 頁) 最終頁に続く				

(21) 出願番号 特願平7-91275

(22) 出願日 平成7年(1995)3月24日

(31) 優先権主張番号 特願平6-244763

(32) 優先日 平6(1994)9月13日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000006792

理化学研究所

埼玉県和光市広沢2番1号

(72) 発明者 河村 良行

埼玉県和光市広沢2番1号 理化学研究所内

(72) 発明者 豊田 浩一

埼玉県和光市広沢2番1号 理化学研究所内

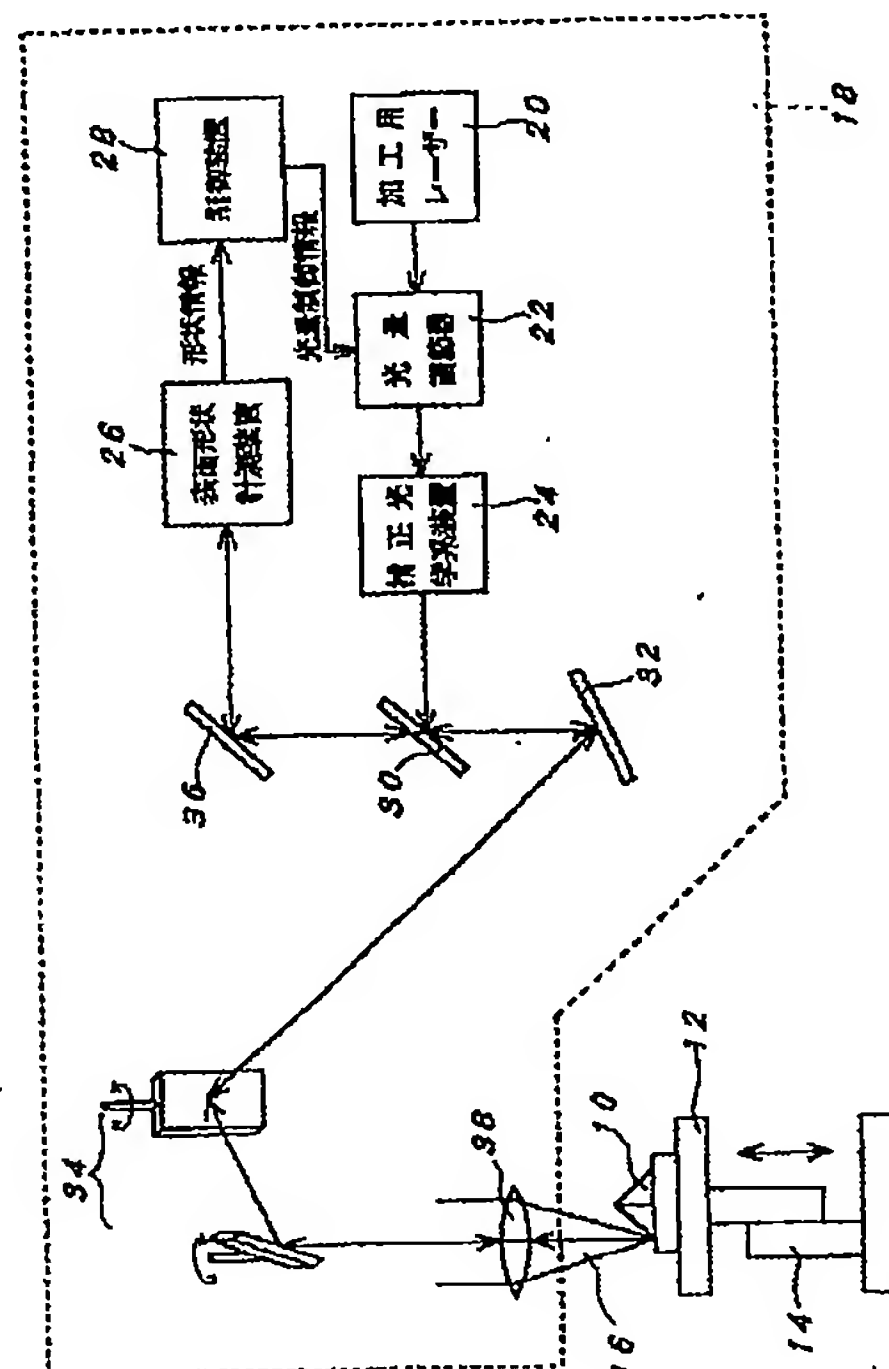
(74) 代理人 弁理士 上島 淳一

(54) 【発明の名称】 レーザー加工方法およびレーザー加工装置

(57) 【要約】

【目的】 加工対象となる材料を限定することなく、所望の材料から微小な任意の形状の立体を成形することのできるレーザー加工方法およびレーザー加工装置を提供する。

【構成】 加工物10表面の形状を測定するための計測用レーザー光と加工物10表面への照射により表面の物質を除去する加工用レーザー光とを、同一の集光レンズ38を用いて加工物10表面に集光し、集光による加工物10表面の集光点を加工物10表面で走査するとともに、加工物10の表面より内部方向へ順次段階的に加工物10表面の集光点を移動させながら、計測用レーザー光に基づき計測された加工物10の表面形状に従って、加工物10表面から所望の部位の物質のみを加工用レーザー光の照射により除去し、加工物10を所望の立体形状に成形する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 加工物表面への照射により表面の物質を除去する加工用レーザー光を集光光学系を用いて前記加工物表面に集光し、
前記集光による前記加工物表面の集光点を、前記加工物表面で走査するとともに前記加工物の表面より内部方向へ順次段階的に移動させ、
前記加工物表面から所望の部位の物質のみを、前記加工用レーザー光の強度を制御しながら前記加工用レーザー光の照射による物質除去作用で除去し、前記加工物を所望の立体形状に成形することを特徴とするレーザー加工方法。

【請求項 2】 加工物表面への照射により表面の物質を除去する加工用レーザー光を集光光学系を用いて前記加工物表面に集光し、
前記加工物の回転と、前記加工物表面に集光される前記加工用レーザー光と前記加工物との相対的な移動とにより、前記加工用レーザー光の集光点を、前記加工物表面で走査するとともに 前記加工物の表面より内部方向へ順次段階的に移動させ、
前記加工物表面から所望の部位の物質のみを、前記加工用レーザー光の強度を制御しながら前記加工用レーザー光の照射による物質除去作用で除去し、前記加工物を所望の立体形状に成形することを特徴とするレーザー加工方法。

【請求項 3】 加工物表面の形状を測定するための計測用レーザー光を第 1 の集光光学系を用いて前記加工物表面に集光し、
前記加工物表面への照射により表面の物質を除去する加工用レーザー光を第 2 の集光光学系を用いて前記加工物表面に集光し、
前記第 1 の集光光学系の集光による前記加工物表面の第 1 の集光点および前記第 2 の集光光学系の集光による前記加工物表面の第 2 の集光点を、前記加工物表面で走査するとともに、前記加工物の表面より内部方向へ順次段階的に移動させ、
前記計測用レーザー光に基づき計測された前記加工物の表面形状に従って、前記加工物表面から所望の部位の物質のみを、前記加工用レーザー光の強度を制御しながら前記加工用レーザー光の照射による物質除去作用で除去し、前記加工物を所望の立体形状に成形することを特徴とするレーザー加工方法。

【請求項 4】 加工物表面の形状を測定するための計測用レーザー光と前記加工物表面への照射により表面の物質を除去する加工用レーザー光とを同一の集光光学系を用いて前記加工物表面に集光し、
前記集光による前記加工物表面の集光点を、前記加工物表面で走査するとともに前記加工物の表面より内部方向へ順次段階的に移動させ、
前記計測用レーザー光に基づき計測された前記加工物の

表面形状に従って、前記加工物表面から所望の部位の物質のみを、前記加工用レーザー光の強度を制御しながら前記加工用レーザー光の照射による物質除去作用で除去し、前記加工物を所望の立体形状に成形することを特徴とするレーザー加工方法。

【請求項 5】 加工物表面の形状を測定するための計測用レーザー光を第 1 の集光光学系を用いて前記加工物表面に集光し、

前記加工物表面への照射により表面の物質を除去する加工用レーザー光を第 2 の集光光学系を用いて前記加工物表面に集光し、

前記加工物の回転と、前記第 1 の集光光学系によって前記加工物表面に集光される前記計測用レーザー光と前記加工物との相対的な移動とにより、前記計測用レーザー光の集光点を走査するとともに前記加工物の表面より内部方向へ順次段階的に移動させ、前記加工物の回転と、前記第 2 の集光光学系によって前記加工物表面に集光される前記加工用レーザー光と前記加工物との相対的な移動とにより、前記加工用レーザー光の集光点を走査するとともに前記加工物の表面より内部方向へ順次段階的に移動させながら、

前記計測用レーザー光に基づき計測された前記加工物の表面形状に従って、前記加工物表面から所望の部位の物質のみを、前記加工用レーザー光の強度を制御しながら前記加工用レーザー光の照射による物質除去作用で除去し、前記加工物を所望の立体形状に成形することを特徴とするレーザー加工方法。

【請求項 6】 加工物表面の形状を測定するための計測用レーザー光と前記加工物表面への照射により表面の物質を除去する加工用レーザー光とを同一の集光光学系を用いて前記加工物表面に集光し、

前記加工物の回転と、前記加工物表面に集光される前記計測用レーザー光および前記加工用レーザー光と前記加工物との相対的な移動とにより、前記計測用レーザー光および前記加工用レーザー光の集光点を走査するとともに前記加工物の表面より内部方向へ順次段階的に移動させながら、

前記計測用レーザー光に基づき計測された前記加工物の表面形状に従って、前記加工物表面から所望の部位の物質のみを、前記加工用レーザー光の強度を制御しながら前記加工用レーザー光の照射による物質除去作用で除去し、前記加工物を所望の立体形状に成形することを特徴とするレーザー加工方法。

【請求項 7】 前記加工用レーザー光の強度の制御は、レーザー発振の動作/停止により行う請求項 1、2、3、4、5 または 6 のいずれか 1 項に記載のレーザー加工方法。

【請求項 8】 加工物表面への照射により表面の物質を除去する加工用レーザー光を比較的長い焦点距離の集光光学系を用いて集光し、

10

20

30

40

50

前記加工用レーザー光の焦点付近における前記加工用レーザー光の外縁を前記加工物の表面に接触させ、前記接触による接触位置を、前記加工物表面で走査するとともに前記加工物の表面より内部方向へ順次段階的に移動させ、
前記加工用レーザー光の前記外縁が接触する前記加工物の表面の物質のみを前記加工用レーザー光の照射による物質除去作用で除去し、前記加工物表面に基準面を形成することを特徴とするレーザー加工方法。

【請求項 9】 前記加工物は、前記加工物表面への照射により表面の物質を除去する加工用レーザー光を比較的長い焦点距離の集光光学系を用いて集光し、前記加工用レーザー光の焦点付近における前記加工用レーザー光の外縁を前記加工物の表面に接触させ、前記接触による接触位置を、前記加工物表面で走査するとともに前記加工物の表面より内部方向へ順次段階的に移動させ、前記加工用レーザー光の前記外縁が接触する前記加工物の表面の物質のみを前記加工用レーザー光の照射による物質除去作用で除去し、前記加工物表面に予め基準面を形成した請求項 1、2、3、4、5、6 または 7 のいずれか 1 項に記載のレーザー加工方法。

【請求項 10】 加工物表面への照射により表面の物質を除去する加工用レーザー光を比較的短い焦点距離の集光光学系を用いて、前記加工用レーザー光の光軸が前記加工物表面に対して垂直になるように集光し、
前記加工用レーザー光の焦点上における前記加工用レーザー光の強度が高い照射位置を前記加工物の表面に接触させ、前記接触による接触位置を、前記加工物表面で走査するとともに前記加工物の表面より内部方向へ順次段階的に移動させ、

前記加工用レーザー光の前記照射位置が接触する前記加工物の表面の物質のみを前記加工用レーザー光の照射による物質除去作用で除去し、前記加工物表面に基準面を形成することを特徴とするレーザー加工方法。

【請求項 11】 前記加工物は、前記加工物表面への照射により表面の物質を除去する加工用レーザー光を比較的短い焦点距離の集光光学系を用いて、前記加工用レーザー光の光軸が前記加工物表面に対して垂直になるように集光し、前記加工用レーザー光の焦点上における前記加工用レーザー光の強度が高い照射位置を前記加工物の表面に接触させ、前記接触による接触位置を、前記加工物表面で走査するとともに前記加工物の表面より内部方向へ順次段階的に移動させ、前記加工用レーザー光の前記照射位置が接触する前記加工物の表面の物質のみを前記加工用レーザー光の照射による物質除去作用で除去し、前記加工物表面に予め基準面を形成した請求項 1、2、3、4、5、6 または 7 のいずれか 1 項に記載のレーザー加工方法。

【請求項 12】 加工物表面への照射により表面の物質を除去する加工用レーザー光を出射する加工用レーザー

と、
前記加工用レーザー光を前記加工物表面に集光する集光光学系と、
前記集光光学系の前記集光による前記加工物表面の集光点を前記加工物表面で走査する走査手段と、
前記加工物の表面より内部方向へ順次段階的に前記加工物表面の前記集光点を移動させる移動手段と、
前記走査手段および前記移動手段による前記集光点の走査および移動にともない、前記加工物表面から所望の部位の物質のみを前記加工用レーザー光の照射により除去するように、前記加工用レーザー光の強度を制御する制御手段とを有することを特徴とするレーザー加工装置。

【請求項 13】 加工物表面への照射により表面の物質を除去する加工用レーザー光を出射する加工用レーザーと、
前記加工用レーザーから出射された前記加工用レーザー光を前記加工物表面に集光する集光光学系と、
前記加工物の回転と、前記加工物表面に集光される前記加工用レーザー光と前記加工物との相対移動とにより、
前記加工用レーザー光の集光点を前記加工物表面で走査する走査手段と、
前記加工物の表面より内部方向へ順次段階的に前記加工物表面の前記集光点を移動させる移動手段と、
前記走査手段および前記移動手段による前記集光点の走査および移動にともない、前記加工物表面から所望の部位の物質のみを前記加工用レーザー光の照射による物質除去作用で除去するように、前記加工用レーザー光の強度を制御する制御手段とを有することを特徴とするレーザー加工装置。

【請求項 14】 加工物表面の形状を測定するための計測用レーザー光を出射する計測用レーザーと、
前記加工物表面への照射により表面の物質を除去する加工用レーザー光を出射する加工用レーザーと、
前記計測用レーザーから出射された計測用レーザー光を前記加工物表面に集光する第 1 の集光光学系と、
前記加工用レーザーから出射された前記加工用レーザー光を前記加工物表面に集光する第 2 の集光光学系と、
前記第 1 の集光光学系の前記集光による前記加工物表面の第 1 の集光点を前記加工物表面で走査するとともに、
前記第 2 の集光光学系の前記集光による前記加工物表面の第 2 の集光点を前記加工物表面で走査する走査手段と、
前記加工物の表面より内部方向へ順次段階的に前記加工物表面の前記第 1 の集光点および前記第 2 の集光点を移動させる移動手段と、
前記走査手段および前記移動手段による前記第 1 の集光点および前記第 2 の集光点の走査および移動にともない、前記計測用レーザー光に基づき計測された前記加工物の表面形状に従って、前記加工物表面から所望の部位の物質のみを前記加工用レーザー光の照射による物質除

去作用で除去するように、前記加工用レーザー光の強度を制御する制御手段とを有することを特徴とするレーザー加工装置。

【請求項 15】 加工物表面の形状を測定するための計測用レーザー光を出射する計測用レーザーと、前記加工物表面への照射により表面の物質を除去する加工用レーザー光を出射する加工用レーザーと、前記計測用レーザーから出射された計測用レーザー光と前記加工用レーザーから出射された前記加工用レーザー光とを前記加工物表面に集光する集光光学系と、前記集光光学系の前記集光による前記加工物表面の集光点を前記加工物表面で走査する走査手段と、前記加工物の表面より内部方向へ順次段階的に前記加工物表面の前記集光点を移動させる移動手段と、前記走査手段および前記移動手段による前記集光点の走査および移動にともない、前記計測用レーザー光に基づき計測された前記加工物の表面形状に従って、前記加工物表面から所望の部位の物質のみを前記加工用レーザー光の照射による物質除去作用で除去するように、前記加工用レーザー光の強度を制御する制御手段とを有することを特徴とするレーザー加工装置。

【請求項 16】 加工物表面の形状を測定するための計測用レーザー光を出射する計測用レーザーと、前記加工物表面への照射により表面の物質を除去する加工用レーザー光を出射する加工用レーザーと、前記計測用レーザーから出射された計測用レーザー光を前記加工物表面に集光する第 1 の集光光学系と、前記加工用レーザーから出射された前記加工用レーザー光を前記加工物表面に集光する第 2 の集光光学系と、前記加工物の回転と、前記第 1 の集光光学系によって前記加工物表面に集光される前記計測用レーザー光と前記加工物との相対移動とにより、前記計測用レーザー光の集光点を前記加工物表面で走査するとともに、前記加工物の回転と、前記第 2 の集光光学系によって前記加工物表面に集光される前記加工用レーザー光と前記加工物との相対移動とにより、前記加工用レーザー光の集光点を前記加工物表面で走査する走査手段と、前記加工物の表面より内部方向へ順次段階的に前記加工物表面の前記計測用レーザー光の集光点および前記加工用レーザー光の集光点を移動させる移動手段と、前記走査手段および前記移動手段による前記計測用レーザー光の集光点および前記加工用レーザー光の集光点の走査および移動にともない、前記計測用レーザー光に基づき計測された前記加工物の表面形状に従って、前記加工物表面から所望の部位の物質のみを前記加工用レーザー光の照射による物質除去作用で除去するように、前記加工用レーザー光の強度を制御する制御手段とを有することを特徴とするレーザー加工装置。

【請求項 17】 加工物表面の形状を測定するための計測用レーザー光を出射する計測用レーザーと、

前記加工物表面への照射により表面の物質を除去する加工用レーザー光を出射する加工用レーザーと、前記計測用レーザーから出射された計測用レーザー光と前記加工用レーザーから出射された前記加工用レーザー光とを前記加工物表面に集光する集光光学系と、前記加工物の回転と、前記加工物表面に集光される前記計測用レーザー光および前記加工用レーザー光と前記加工物との相対移動とにより、前記計測用レーザー光および前記加工用レーザー光の集光点を前記加工物表面で走査する走査手段と、

10 前記加工物の表面より内部方向へ順次段階的に前記加工物表面の前記計測用レーザー光および前記加工用レーザー光の集光点を移動させる移動手段と、前記走査手段および前記移動手段による前記計測用レーザー光および前記加工用レーザー光の集光点の走査および移動にともない、前記計測用レーザー光に基づき計測された前記加工物の表面形状に従って、前記加工物表面から所望の部位の物質のみを前記加工用レーザー光の照射による物質除去作用で除去するように、前記加工用レーザー光の強度を制御する制御手段とを有することを特徴とするレーザー加工装置。

【請求項 18】 前記移動手段は、前記加工用レーザー光の光軸方向に前記加工物を移動させる請求項 12、13、14、15、16 または 17 のいずれか 1 項に記載のレーザー加工装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、レーザー加工方法およびレーザー加工装置に関し、さらに詳細には、金属や有機樹脂などの所望の材料から、任意の形状の立体を成形することのできるレーザー加工方法およびレーザー加工装置に関し、特に、微小な任意の形状の立体を高速で成形する際に用いて好適なものであって、マイクロ・マシニング（微細機械加工）に用いることができる。

【0002】

【従来の技術および発明が解決しようとする課題】従来、金属や有機樹脂などの所望の材料から、任意の立体形状を成形する加工方法としては、例えば、機械旋盤などを用いた刃物による機械加工が知られている。

40 【0003】こうした刃物による機械加工においては、慣性の大きな刃物を高速で位置制御することが困難であるとともに、刃物自体の精度の向上に限界があるため、一辺が約 1 mm 以下の微小な物体を加工することができないという問題点があった。

【0004】特に、機械旋盤を用いる場合には、加工可能な立体の形状は回転体に限定されるため、任意な形状の加工を行うことができないという問題点が指摘されていた。

50 【0005】また、金属材料を加工して、任意の立体形状を成形する加工方法としては、上記したような機械旋

盤などによる機械加工の他に、放電加工も一般的に行われており、この放電加工によれば、微小な立体形状を加工することができるということが知られている。

【0006】しかしながら、こうした放電加工は、加工対象となる材料が導電性の材料に限定されるという問題点を内在しているものであった。

【0007】本発明は、上記したような従来の技術の有する種々の問題点を鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、加工対象となる材料を限定することなく、所望の材料から微小な任意の形状の立体を成形することのできるレーザー加工方法およびレーザー加工装置を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明におけるレーザー加工方法およびレーザー加工装置は、従来の機械旋盤などの機械加工における刃物に代えて、レーザー光（パルス・レーザー光と連続レーザー光との両者を含み、いずれであってもよい。また、パルス・レーザー光の場合には、波長は任意の波長でよい。）を加工対象の材料（以下、「加工物」と称す。）上に集光し、焦点部分でレーザー光の照射効果による物質除去（この物質除去とは、パルス・レーザー光を照射した場合にはレーザー蒸散あるいはレーザー蝕刻などであり、連続レーザー光を照射した場合にはレーザー溶融などである。）を行い、こうした物質除去により加工物を任意の形状に成形するようにしたものである。

【0009】

【作用】加工物へのレーザー光の照射部位を制御することにより、加工物上の任意の部位の物質を除去できるようになり、回転体のみならず任意の形状の立体を成形することができるようになる。

【0010】また、レーザー光を加工物上の微小な1点に集光し、レーザー光の強度（パルス・レーザー光にあっては1パルス当たりの光量や照射パルス数などであり、連続レーザー光にあっては平均光量や照射時間などである。）を制御することにより、レーザー光の照射効果による物質除去により除去される物質の量を精度良く制御することができるので、微小な任意な立体形状を成形することができるようになる。

【0011】

【実施例】以下、図面に基づいて、本発明によるレーザー加工方法およびレーザー加工装置の実施例を詳細に説明する。なお、本発明によるレーザー加工装置は、真空中は勿論のこと、大気中や液中においても設置可能であり、設置場所に制限を受けることはない。

【0012】図1には、本発明の第1の実施例によるレーザー加工方法を実施するための第1の実施例によるレーザー加工装置の概略構成説明図が示されている。

【0013】この第1の実施例によるレーザー加工装置は、空気中において用いられるものであり、加工物10

を載置する垂直移動ステージ12を備えている。垂直移動ステージ12は、基台14に上下動自在に取り付けられていて、図示しない駆動系の作動により、後述するレーザー光16の光軸方向となる垂直方向に移動可能とされており、後述する集光レンズ38によって集光されたレーザー光16の焦点を、加工物10の所定部位に位置させることができるようになされている。

【0014】加工物10上に上部から垂直方向から照射されるレーザー光16は、レーザー照射システム18により生成されるものである。

【0015】レーザー照射システム18は、加工用レーザー20と、加工用レーザー20から出射される加工用レーザー光の光量を調整して、加工物10の物質の除去量を調整するための光量調節器22と、加工用レーザー光の焦点位置を調整するための補正光学系装置24と、微弱な計測用レーザー光を出射する計測用レーザーを内蔵して加工物10の表面の形状を実時間で計測する表面形状計測装置26と、表面形状計測装置26が実時間で計測した加工物10の表面形状を示す形状情報と予め記憶しておいた加工により成形すべき目標とする立体形状を示す形状情報とに基づき、それらを比較して加工により成形すべき目標とする立体形状を得るために必要な加工用レーザー光の光量を算出し、加工用レーザー光の光量が当該算出した光量となるように、光量制御情報に基づいて光量調節器22を制御する制御装置28とを有している。

【0016】そして、補正光学系装置24を出射した加工用レーザー光は、半透過ミラー30によって反射されて全反射ミラー32に入射され、全反射ミラー32により反射されて可動ミラー対34に入射される。

【0017】一方、表面形状計測装置26から出射された計測用レーザー光は、全反射ミラー36により反射されて半透過ミラー30に入射され、さらに半透過ミラーを透過して全反射ミラー32により反射されて可動ミラー対34に入射される。

【0018】そして、可動ミラー対34により反射された加工用レーザー光および計測用レーザー光は、集光レンズ38により加工物10の表面にレーザー光16として集光されることになる。

【0019】これら可動ミラー対34は、レーザー光16をX-Y方向に高速度で走査させるための装置であるが、公知の技術であるので詳細な説明は省略する。

【0020】また、集光レンズ38は、可動ミラー対34によってX-Y方向に高速度で走査されるレーザー光16を常に最良の状態で集光することができるように、レーザー16のX-Y方向の走査に応じてX-Y方向に高速度で移動可能とされている。

【0021】補正光学系装置24は、同一の集光レンズ38を用いて集光される加工用レーザー光と計測用レーザー光との焦点位置が、加工物10の表面に合うように

するために、加工用レーザー光と計測用レーザー光との光軸方向の焦点位置を一致させることを目的として、加工用レーザー光の焦点位置を計測用レーザー光の焦点位置に一致するように調整するための装置であり、加工用レーザー光と計測用レーザー光との光軸方向の焦点位置が予め一致されている場合には配設しなくともよい。

【0022】なお、可動ミラー対34、集光レンズ38および垂直移動ステージ12は、制御装置28の制御によって、加工により成形すべき目標とする立体形状を得るために必要な位置に、図示しない駆動系を介して移動可能とされている。即ち、加工物10から加工により成形すべき目標とする立体形状を得るために、加工物10表面から物質を除去すべき部位にレーザー光16の焦点が位置するように、制御装置28によって可動ミラー対34、集光レンズ38および垂直移動ステージ12の移動が制御される。

【0023】以上の構成において、レーザー光16を構成する加工用レーザー20より出射された加工用レーザー光は、光量調節器22に入射され、補正光学系装置24→半透過ミラー30→全反射ミラー32→可動ミラー対34→集光レンズ38という経路を経て、制御装置28の制御によって加工物10表面の所定の位置に焦点を合わされて照射される。

【0024】この際に、加工用レーザー20として、例えば、パルス・レーザーを用いた場合には、加工用レーザー光の照射効果によるレーザー蒸散あるいはレーザー蝕刻により、光量調節器22によって調整された光量に対応した量の物質が、レーザー光16の焦点を合わされた加工物10表面から除去されることになる。

【0025】これと同時に、レーザー光16を構成する表面形状計測装置26の計測用レーザーから出射された計測用レーザー光も、全反射鏡36→半透過ミラー30→全反射ミラー32→可動ミラー対34→集光レンズ38という経路を経て、制御装置28の制御によって加工物10表面に焦点位置を合わされて照射されることになる。

【0026】そして、この計測用レーザー光は加工物10表面で反射し、上記とは逆の経路、即ち、可動ミラー対34→全反射ミラー32→半透過ミラー30→全反射ミラー36という経路を経て、表面形状計測装置26に入射される。こうして、加工物10表面で反射された計測用レーザー光が入射された表面形状計測装置26は、入射された計測用レーザー光を解析し、加工物10の表面の形状を計測し、測定結果を形状情報として制御装置28へ入力する。

【0027】制御装置28はこうして表面形状計測装置26から入力された形状情報を記憶し、表面形状計測装置26から入力された形状情報と予め記憶しておいた加工により成形すべき目標とする立体形状を示す形状情報とに基づき、加工により成形すべき目標とする立体形状

と現在の加工物10の形状とを比較して、加工物10表面の物質除去を行う必要があるときは、加工物10表面の物質除去が可能な光量を出射するように光量調節器22を制御するとともに、加工物10表面の物質除去を行う必要がないときは、加工物10表面の物質除去が行われないように光量を低下させるように光量調節器22を制御する。

【0028】即ち、このレーザー照射システム18においては、フィードバック制御を用いて、レーザー加工により成形すべき目標とする立体形状を正確に得るように構成されている。

【0029】なお、加工用レーザー光および計測用レーザー光は、上記したように制御装置28の制御によって、可動ミラー対34の作動により加工物10の表面上を走査されることになるものであり、また、加工用レーザー光による加工物10表面の物質除去にともない、垂直移動ステージ12が図示しない駆動系の作動により垂直方向上方に移動されることにより、加工用レーザー光および計測用レーザー光の焦点位置合わせを行うことができ、加工深さの大きなレーザー加工を行うことができるようになる。

【0030】次に、上記した第1の実施例によるレーザー加工装置を用いた第1の実施例による加工方法の動作例として、上面が平面形状の加工物表面に三角錐を形成する加工方法について説明する。即ち、加工物としては図2に示す長方体状の加工物100を用い、それに図3(a)(b)に示す三角錐102を形成する場合の加工方法を、各段階順に説明する。

【0031】(第1段階) 焦点レンズ38の焦点が加工面1(図2参照)上に位置するように、図示しない駆動系により垂直移動ステージ12を移動する。そして、表面形状計測装置26の計測用レーザーから計測用レーザー光を出射し(加工用レーザー20からの加工用レーザー光は出射させない。)、可動ミラー対34を作動させ計測用レーザー光を加工物100の表面上に走査させて、各走査点における表面の形状を表面形状計測装置26により実時間で計測する。そして、その計測結果を形状情報として制御装置28へ出力し、制御装置28に記憶させる。

【0032】なお、後述する各段階においても、常に表面形状計測装置26の計測用レーザーから計測用レーザー光を出射し、可動ミラー34の作動による各走査点における加工物100の表面の形状を表面形状計測装置26により実時間で計測し、三角錐102を形成するために制御装置28により光量調節器22を制御することにより、加工用レーザー光の光量が調整されることになる。

【0033】(第2段階) 集光レンズ38の焦点が加工面2(図2参照)上に位置するように、図示しない駆動系により垂直移動ステージ12を上方に移動する。

【0034】(第3段階)加工用レーザー20から加工用レーザー光を照射し、可動ミラー対34により加工用レーザー光(および計測用レーザー光)を加工物100の表面上に走査させて、加工面2まで加工物100の表面物質を除去することになる(図4(a))。

【0035】この際に、表面形状計測装置26により計測された加工用レーザー光(および計測用レーザー光)の走査点が三角錐102の断面内にあるときは、制御装置28により光量調節器22を制御して加工用レーザー光の光量を「0」にし、加工用レーザー光の照射による物質除去が起こらないように制御する。

【0036】また、表面形状計測装置26により計測された加工用レーザー光(および計測用レーザー光)の走査点が三角錐102の断面の外側にあるときは、第1段階で計測した表面形状に基づいて、制御装置28により光量調節器22を制御して加工用レーザー光の光量を調整し、加工用レーザー光の照射による物質除去量の調整を行い、加工面2を創製する。

【0037】なお、各走査点における加工深さは、加工と並行して表面形状計測装置26により実時間で計測され、制御装置28へ出力されて記憶される。

【0038】(第4段階)集光レンズの焦点が加工面3(図2参照)上に位置するように、図示しない駆動系により垂直移動ステージ12を上方に移動する。

【0039】(第5段階)加工用レーザー20から加工用レーザー光を照射し、可動ミラー対34により加工用レーザー光(および計測用レーザー光)を加工物100の表面上に走査させて、加工面3まで加工物100の表面物質を除去することになる(図4(b))。

【0040】この際に、表面形状計測装置26により計測された加工用レーザー光(および計測用レーザー光)の走査点が三角錐102の断面内にあるときは、制御装置28により光量調節器22を制御して加工用レーザー光の光量を「0」にし、加工用レーザー光の照射による物質除去が起こらないように制御する。

【0041】また、表面形状計測装置26により計測された加工用レーザー光(および計測用レーザー光)の走査点が三角錐102の断面の外側にあるときは、第3段階で計測した表面形状に基づいて、制御装置28により光量調節器22を制御して加工用レーザー光の光量を調整し、加工用レーザー光の照射による物質除去量の調整を行い、加工面3が平面になるようにする。

【0042】なお、各走査点における加工深さは、加工と並行して表面形状計測装置26により実時間で計測され、制御装置28へ出力されて記憶される。

【0043】以降、最終加工面n(図4(c))を得るまで、上記した各段階の処理を順次繰り返せばよい。

【0044】なお、レーザー加工後の三角錐102の表面は、図5に示すように階段状となるが、この段差は第1の実施例によるレーザー加工装置の分解能を示すもの

であって、加工用レーザー光の集光径に相当するものである。ところが、この集光径は加工用レーザー光の波長程度にまで小さくすることができるので、図5に示すような階段状の段差は極めて微小な段差とできるため、所望の加工精度に応じて加工用レーザー光の波長を選択することにより、実用上無視することができるようになる。

【0045】次に、本発明の第2の実施例によるレーザー加工方法を実施するための第2の実施例によるレーザー加工装置について説明する。

【0046】図6には、本発明の第2の実施例によるレーザー加工方法を実施するための第2の実施例によるレーザー加工装置の概略構成説明図が示されているが、図1に示す第1の実施例によるレーザー加工装置と同一あるいは相当する構成部材に関しては、図1と同一の符号を付して示すことにより、詳細な説明は省略するものとする。

【0047】図6に示されたレーザー加工装置は、加工物10が制御装置28の制御に基づいて所定の回転数(角速度 ω)で回転する回転装置40に取り付けられている。この回転装置40は、制御装置28の制御に基づいて、図示しない駆動系により水平方向に往復運動される水平移動ステージ42に取り付けられている。この水平移動ステージ42の運動は、加工物10が1回転する間に、加工幅(レーザー・ビーム・スポット径:加工用レーザー光の加工物10表面における集光点の径)程度進行するように設定されている。

【0048】さらに、水平移動ステージ42は垂直移動ステージ44に取り付けられていて、この垂直移動ステージ44は、基台14に上下動自在に取り付けられており、制御装置28の制御に基づいて、図示しない駆動系により垂直方向に移動可能とされている。

【0049】この第2の実施例によるレーザー加工装置において、加工物10に対して照射されるレーザー光16は、加工物10に対して垂直方向および水平方向の2方向から照射されることになり、加工物10に対して垂直方向および水平方向の2方向から照射されるレーザー光は、2組のレーザー照射システム18a、18bにより生成されるものである(但し、レーザー照射システム18bのうち、加工用レーザー20、光量調節器22、補正光学系装置24、表面形状計測装置26、制御装置28、半透過ミラー30ならびに全反射ミラー36は、レーザー照射システム18aの対応する構成と共用することも可能である)。即ち、レーザー照射システム18aにより、加工物10に対して垂直方向から照射されるレーザー光16が生成され、レーザー照射システム18bにより、加工物10に対して水平方向から照射されるレーザー光16が生成される。

【0050】レーザー照射システム18a、18bと上記した第1の実施例によるレーザー加工装置において用

いられたレーザー照射システム18とは、レーザー照射システム18a、18bが全反射ミラー32および可動ミラー対34を備えておらず、加工用レーザー光が半透過ミラー30を介して直接に集光レンズ38に入射されるようになされている点で、レーザー照射システム18と相違する。

【0051】従って、この第2の実施例によるレーザー加工装置においては、回転装置40により加工物10を回転させるとともに、水平移動ステージ42を水平方向に移動させ、さらに垂直移動ステージ44を垂直方向に移動させることにより、レーザー光16の加工物10上での走査を実現している。

【0052】次に、上記した第2の実施例によるレーザー加工装置を用いた加工方法の動作例として、円柱の側面を加工して三角柱を形成する加工方法について説明する。即ち、加工物として図7に示す円柱状の加工物200を用いて三角柱202を形成する場合の加工方法を、各段階順に説明する。なお、以下に説明するこの円柱状の加工物200の側面加工の際には、レーザー照射システム18aが用いられる。

【0053】(第1段階) 焦点レンズ38の焦点が加工面1(図8参照)上に位置するように、図示しない駆動系により垂直移動ステージ44を移動する。そして、表面形状計測装置26の計測用レーザーから計測用レーザー光を出射し(加工用レーザー20からの加工用レーザー光は出射させない。)、回転装置40を回転させるとともに水平移動ステージ42を移動させ、計測用レーザー光を加工物100の表面上に走査させて、各走査点における表面の形状を表面形状計測装置26により実時間で計測する。そして、その計測結果を形状情報として制御装置28へ出力し、制御装置28に記憶させる。

【0054】なお、後述する各段階においても、常に表面形状計測装置26の計測用レーザーから計測用レーザー光を出射し、回転装置40を回転させるとともに水平移動ステージ42を移動させ、各走査点における加工物200の表面の形状を表面形状計測装置26により実時間で計測し、三角柱202を形成するために制御装置28により光量調節器22を制御することにより、加工用レーザー光の光量が調整されることになる。

【0055】(第2段階) 集光レンズ38の焦点が加工面2(図8参照)上に位置するように、図示しない駆動系により垂直移動ステージ44を上方に移動する。

【0056】(第3段階) 加工用レーザー20から加工用レーザー光を照射し、回転装置40ならびに水平移動ステージ42の作動により、加工用レーザー光(および計測用レーザー光)を加工物200の表面上に走査させて、加工面2まで加工物200の表面物質を除去することになる(図8参照)。このときの加工用レーザー光の光量と回転装置40による加工物200の回転角との関係は、図9(a)に示すようになる。

【0057】この際に、表面形状計測装置26により計測された加工用レーザー光(および計測用レーザー光)の走査点が三角柱202の断面内にあるときは、制御装置28により光量調節器22を制御して加工用レーザー光の光量を「0」にし、加工用レーザー光の照射による物質除去が起こらないように制御する。

【0058】また、表面形状計測装置26により計測された加工用レーザー光(および計測用レーザー光)の走査点が三角柱202の断面の外側にあるときは、第1段階で計測した表面形状に基づいて、制御装置28により光量調節器22を制御して加工用レーザー光の光量を調整し、加工用レーザー光の照射による物質除去量の調整を行い、加工面2が円周面になるようにする。

【0059】なお、各走査点における加工深さは、加工と並行して表面形状計測装置26により実時間で計測され、制御装置28へ出力されて記憶される。

【0060】(第4段階) 集光レンズの焦点が加工面3(図8参照)上に位置するように、図示しない駆動系により垂直移動ステージ44を上方に移動する。

【0061】(第5段階) 加工用レーザー20から加工用レーザー光を照射し、回転装置40ならびに水平移動ステージ42の作動により、加工用レーザー光(および計測用レーザー光)を加工物200の表面上に走査させて、加工面3まで加工物200の表面物質を除去することになる(図8参照)。このときの加工用レーザー光の光量と回転装置40による加工物200の回転角との関係は、図9(b)に示すようになる。

【0062】この際に、表面形状計測装置26により計測された加工用レーザー光(および計測用レーザー光)の走査点が三角柱202の断面内にあるときは、制御装置28により光量調節器22を制御して加工用レーザー光の光量を「0」にし、加工用レーザー光の照射による物質除去が起こらないように制御する。

【0063】また、表面形状計測装置26により計測された加工用レーザー光(および計測用レーザー光)の走査点が三角柱202の断面の外側にあるときは、第3段階で計測した表面形状に基づいて、制御装置28により光量調節器22を制御して加工用レーザー光の光量を調整し、加工用レーザー光の照射による物質除去量の調整を行い、加工面3が円周面になるようにする。

【0064】なお、各走査点における加工深さは、加工と並行して表面形状計測装置26により実時間で計測され、制御装置28へ出力されて記憶される。

【0065】以降、最終加工面n(図8参照)を得るまで、上記した各段階の処理を順次繰り返せばよい。

【0066】また、レーザー加工後の三角柱202の表面も、図5に示した三角錐102の表面と同様に階段状となるが、この段差は第2の実施例によるレーザー加工装置の分解能を示すものであって、加工用レーザー光の集光径に相当するものである。ところが、この集光径は

10

20

30

40

50

加工用レーザー光の波長程度まで小さくすることができるので、図5に示すような階段状の段差は極めて微小な段差とできるため、所望の加工精度に応じて加工用レーザー光の波長を選択することにより、実用上無視することができるようになる。

【0067】さらに、加工物200の回転装置40の回転軸方向の端面200aあるいは端面200bを加工する際には、レーザー照射システム18bを用いて、上記と同様な方法によりレーザー加工を行えばよい。このように、レーザー照射システム18bを用いてレーザー加工を行う場合には、レーザー光16の加工物200表面上における焦点位置の調整は、水平方向移動ステージ42を用いて行い、加工物200表面上におけるレーザー光16の走査は、回転装置40ならびに垂直移動ステージ44を用いて行うようにすればよい。

【0068】なお、上記した各実施例において、加工用レーザー光の照射による物質の除去量は一般的に微小であるため、大型の加工物を成形するためには長時間を必要とすることになる。しかしながら、目的とする形状を得るために必要な物質除去量は、加工物の代表長の3乗に比例するので、加工に要する時間もこれに応じて短縮され、対象となる加工物の代表長が1mm以下の微小な物体の場合には、実用上十分に短い時間で目的とする立体形状をレーザー加工により得ることができる。

【0069】また、質量分布が軸対称でない加工物を高速で回転させる場合に、偏心運動による遠心力に起因する加工物のブレが、加工精度の低下を引き起こすことが知られているが、このブレの相対量（ブレ長／加工物の代表値）は偏心の相対量（偏心長／加工物の代表値）の2乗に逆比例する。従って、加工物が微小な場合には、このブレによる加工精度の低下が著しく緩和され、加工物の代表長が1mm以下になると実用上無視できるようになる。このため、加工物が微小な場合には、本発明によるレーザー加工方法およびレーザー加工装置を用いて、種々の材料を用いた精度のよいレーザー加工を行うことができるものである。

【0070】なお、加工用レーザーとしては、上記したパルス・レーザーならびに連続レーザーを、加工物などの条件に応じて適宜選択すればよい。パルス・レーザーを用いた場合の物質の除去はレーザー蒸散あるいはレーザー蝕刻などであり、連続レーザーを用いた場合の物質の除去はレーザー溶融などである。

【0071】また、光量調節器による光量の制御は、照射光量を絞るだけでなく、光シャッターまたは加工用レーザー自身の動作のON/OFFなどを用いて、レーザー光の導通／遮断により、加工物に照射される光量を調整するようにしてもよい。

【0072】さらに、レーザー加工の加工精度は、上記したように加工物の表面上にレーザー光を集光する集光レンズの集光径に依存し、集光径はレーザー光の波長程

度まで小さくすることができるため、紫外域のレーザーを用いた場合には、1μm以下に加工精度を上げることができる。

【0073】さらにまた、上記した各実施例においては、レーザー加工装置を空气中において用いた場合に関して説明したが、真空中あるいは液中において用いてもよい。例えば、加工物をエッチング液中に浸すようにして用いた場合には、加工用レーザー光として連続レーザー光を照射することにより、連続レーザー光の照射部分におけるエッチング効果を増大させることができ、本発明によるレーザー加工装置によるレーザー加工とエッチングとが相乗的に作用して、より高速に所望の形状の立体を得ることができるようになる。

【0074】さらに、上記した第2の実施例においては、レーザー照射システムとして、垂直方向からのレーザー光の照射と水平方向からのレーザー光の照射とで、それぞれ異なるレーザー照射システムを用いたが、単一のレーザー照射システムを用いて、単一のレーザー照射システムから出射されるレーザー光を適宜分岐して、垂直方向からのレーザー光の照射と水平方向からのレーザー光の照射とに共用するようにしてもよい。

【0075】また、上記した第2の実施例において、レーザー照射システムを3セット以上用いて、加工物に対して適宜の方向（角度）からレーザー光を照射するようにしてもよい。

【0076】さらに、上記した各実施例においては、計測用レーザー光と加工用レーザー光とを同一の集光光学系（半透過ミラー30、全反射ミラー32、可動ミラー対34、全反射ミラー36、集光レンズ38）を用いて加工物の表面に集光したが、これに限られることなしに、計測用レーザー光と加工用レーザー光とを別個の集光光学系を用いて加工物の表面に集光してもよい。

【0077】また、上記した各実施例におけるレーザー照射システムにおいては、制御装置からの光量制御情報を光量調節器に与え、フィードバック制御を用いてレーザー加工により成形すべき目標とする立体形状を正確に得るように構成されているが、フィードバック制御としてはこうした構成に限られることなしに、他の構成をとるようにしてもよい。

【0078】さらに、上記した各実施例におけるレーザー照射システムにおいては、制御装置からの光量制御情報を光量調節器に与え、フィードバック制御を用いてレーザー加工により成形すべき目標とする立体形状を正確に得るように構成されているが、これに限られることなしに、フィードバック制御を用いることなく、予め設定された形状とするレーザー加工が行われるように、レーザー照射システムを制御してもよい。

【0079】このように、フィードバック制御を用いることなくレーザー加工を行う場合には、所望の形状に加工するための加工物の基準面を予め精度よく形成してお

くと、誤差のない精度の高い加工を行うことができる。

【0080】こうした加工物の基準面を形成するためにも、本発明によるレーザー加工方法を用いることができるものであり、例えば、以下に説明するような2通りの方法がある。

【0081】〔水平照射法〕例えば、所望の形状を形成するための加工物として精度の高い円柱を得る場合には、図10に示すように、比較的長い焦点距離 f_1 のレンズ300を用いて加工用レーザー光を集光し、その焦点 f 付近での加工用レーザー光の外縁302が略円柱上

の加工物304の側面に接触するように設定する。

【0082】以上のような構成において、加工物304を中心軸Oの軸周りに回転させるとともに、加工用レーザー光を中心軸O方向に1回または繰り返し走査する。これにより、加工用レーザー光の外縁302と接触している加工物304の側面の物質が除去される。

【0083】そして、加工用レーザー光の焦点 f 付近の外縁302が加工物304の側面と接触するように、加工用レーザー光と加工物304とを相対的に移動させ、距離 l を短縮させながら上記した操作を行うことにより、断面が極めて正円に近い精度の高い円柱を得ることができる。即ち、断面が極めて正円に近い側面を基準面として備えた加工物304を得ることができるものであり、この基準面を基準としてレーザー加工を行うことにより、フィードバック制御を行わなくとも、高い加工精度を達成することができる。

【0084】なお、比較的長い焦点距離 f_1 のレンズ300としては、加工用レーザー光の直径 d と焦点距離 f_1 との関係を表す F 値($F = f_1 / d$)が10以上であるものが好ましい。

【0085】〔垂直照射法〕例えば、所望の形状を形成するための加工物として精度の高い円柱を得る場合には、図11に示すように、比較的短い焦点距離 f_1 のレンズ400を用いて、加工用レーザー光の光軸が略円柱上の加工物404の側面に対して垂直になるように集光し、その焦点 f 上の照射強度密度の最大の照射位置402でのみ、加工物404の表面物質の除去が発生するように加工用レーザー光の出力を調整して設定する。

【0086】以上のような構成において、加工物404を中心軸Oの軸周りに回転させるとともに、加工用レーザー光を中心軸O方向に1回または繰り返し走査する。これにより、加工用レーザー光の焦点 f が位置する照射位置402と接する加工物404の側面の表面物質のみが除去される。

【0087】そして、加工用レーザー光の焦点 f が位置する照射位置402が加工物404の側面と接触するように、加工用レーザー光と加工物404とを相対的に移動させ、距離 l を短縮させながら上記した操作を行うことにより、断面が極めて正円に近い精度の高い円柱を得ることができる。即ち、断面が極めて正円に近い側面を

基準面として備えた加工物404を得ることができるものであり、この基準面を基準としてレーザー加工を行うことにより、フィードバック制御を行わなくとも、高い加工精度を達成することができる。

【0088】なお、比較的短い焦点距離 f_1 のレンズ400としては、加工用レーザー光の直径 d と焦点距離 f_1 との関係を表す F 値($F = f_1 / d$)が1程度であるものが好ましい。

【0089】なお、一般に、物質にレーザー照射してこれを除去するには、レーザー照射強度密度についてスレッシュホールドが存在する。即ち、スレッシュホールド値以上のレーザー照射強度密度でレーザー照射を行えば、レーザー照射により物質を除去することができるが、スレッシュホールド値以下のレーザー照射強度密度でレーザー照射を行っても、レーザー照射により物質を除去することはできないことが知られている。

【0090】このため、上記した水平照射法ならびに垂直照射法において、なお一層精度良く基準面を形成したい場合には、スレッシュホールド値を若干越える程度のレーザー照射強度密度で加工用レーザー光を加工物に照射することが好ましい。このように、スレッシュホールド値を若干越える程度のレーザー照射強度密度で加工用レーザー光を加工物に照射すると、水平照射法においては、加工用レーザー光の焦点 f 付近の外縁302が接触する加工物304の表面の物質のみを、加工物304の他の部位に影響を与えることなく確実に除去することができ、また、垂直照射法においては、加工用レーザー光の焦点 f が位置する照射位置402が接触する加工物404の表面の物質のみを、加工物404の他の部位に影響を与えることなく確実に除去することができる。

【0091】また、上記した水平照射法ならびに垂直照射法の説明においては、断面が正円の側面を基準面として備えた円柱状の加工物を形成する場合に関して説明したが、こうした曲面を基準面とするものに限らずに、長方体や平板などのような平面を基準面とする加工物も得ることができる。

【0092】さらに、上記した水平照射法ならびに垂直照射法は、加工物の基準面を形成するために用いるばかりでなく、上記した第1の実施例ならびに第2の実施例と同様に、加工物から目的とする形状を得るために用いてもよい。

【0093】また、上記した第1の実施例ならびに第2の実施例において説明したような、加工物の加工面を実時間でモニターするフィードバック制御を用いることなくレーザー加工を行う場合には、加工用レーザー光の出力をモニターし、それに基づいて加工用レーザー光の出力の制御を行って、加工精度の向上を図るようにしてもよい。

【0094】即ち、加工用レーザー光などのレーザー光の出力は常に変動しており、加工用レーザー光による加

工物のレーザー加工の間に加工用レーザー光の出力が変動すると、この変動が加工面の仕上がりに悪影響を及ぼすことになる。従って、常に加工用レーザー光の出力をモニターし、加工物の全てのレーザー加工点において、当該レーザー加工点における加工用レーザー光の出力の強度（照射強度密度や照射強度など）の積算値を求め、この積算値が当該レーザー加工点における加工面を得るのに必要な値より高い場合には、加工用レーザー光の次の走査により当該レーザー加工点におけるレーザー加工を行う場合に、当該レーザー加工点での加工用レーザー光の出力の強度を低下させるようにして、加工用レーザー光の出力の変動の影響を解消する。

【0095】一方、レーザー加工点における加工用レーザー光の出力の強度の積算値が当該レーザー加工点における加工面を得るのに必要な値より低い場合には、加工用レーザー光の次の走査により当該レーザー加工点におけるレーザー加工を行う場合に、当該レーザー加工点での加工用レーザー光の出力の強度を上昇させるようにして、加工用レーザー光の出力の変動の影響を解消する。

【0096】こうしたレーザー加工点でのレーザー光の出力の強度を変化させるには、パルス・レーザー光にあっては1パルス当たりの光量や照射パルス数などを変化させればよく、連続レーザー光にあっては平均光量や照射時間などを変化させればよい。

【0097】つまり、パルス・レーザー光において出力の強度を低下させるには、例えば、当該レーザー加工点における照射パルス数を減少すればよく、その反対に出力の強度を上昇させるには、当該レーザー加工点における照射パルス数を増加させればよく、こうした制御は加工用レーザーのオン/オフ制御により容易に実現できる。

【0098】また、連続レーザー光において出力の強度を低下させるには、例えば、当該レーザー加工点における照射時間を減少すればよく、その反対に出力の強度を上昇させるには、当該レーザー加工点における照射時間を増加させればよく、こうした制御は加工用レーザーのオン/オフ制御により容易に実現できる。

【0099】

【発明の効果】本発明は、以上説明したように構成されているので、以下に記載されるような効果を奏する。

【0100】従来の機械旋盤などの機械加工における刃物に代えて、レーザー光を加工物上に集光し、焦点部分でレーザー光の照射効果による物質除去を行い、こうした物質除去により加工物を成形するようにしたため、加工物へのレーザー光の照射部位を選択制御することにより、加工物上の任意の部位の物質を除去できるようになり、回転体のみならず任意の形状の立体を成形することができるようになるとともに、レーザー光の強度を制御することにより、レーザー光の照射効果による物質除去により除去される物質の量を精度良く制御することがで

きるので、微小な立体形状を成形することができるようになる。

【0101】従って、本発明によれば、加工対象となる材料を限定することなく、当該材料から微小な任意の形状の立体を成形することのできるようになる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例によるレーザー加工方法を実施するための第1の実施例によるレーザー加工装置の概略構成説明図である。

【図2】長方体状の加工物に三角錐を形成する際の加工面を示す説明図である。

【図3】長方体状の加工物に三角錐を形成した状態を示し、(a)は上面図であり、(b)は正面図である。

【図4】レーザー加工の進展状態を示す上面図であり、(a)は加工面2まで加工した状態を示し、(b)加工面3まで加工した状態を示し、(c)は最終加工面nまで加工した状態を示す。

【図5】加工面の表面状態を示す拡大説明図である。

【図6】本発明の第2の実施例によるレーザー加工方法を実施するための第2の実施例によるレーザー加工装置の概略構成説明図である。

【図7】円柱状の加工物と当該加工物から形成される三角柱との関係を示す説明図である。

【図8】円柱状の加工物から三角柱を形成する際の加工面を示す説明図である。

【図9】加工用レーザー光の光量と回転装置による加工物の回転角との関係を示し、(a)は加工面2を形成する場合を示し、(b)は加工面3を形成する場合を示す。

【図10】水平照射法を説明するための要部説明図である。

【図11】垂直照射法を説明するための要部説明図である。

【符号の説明】

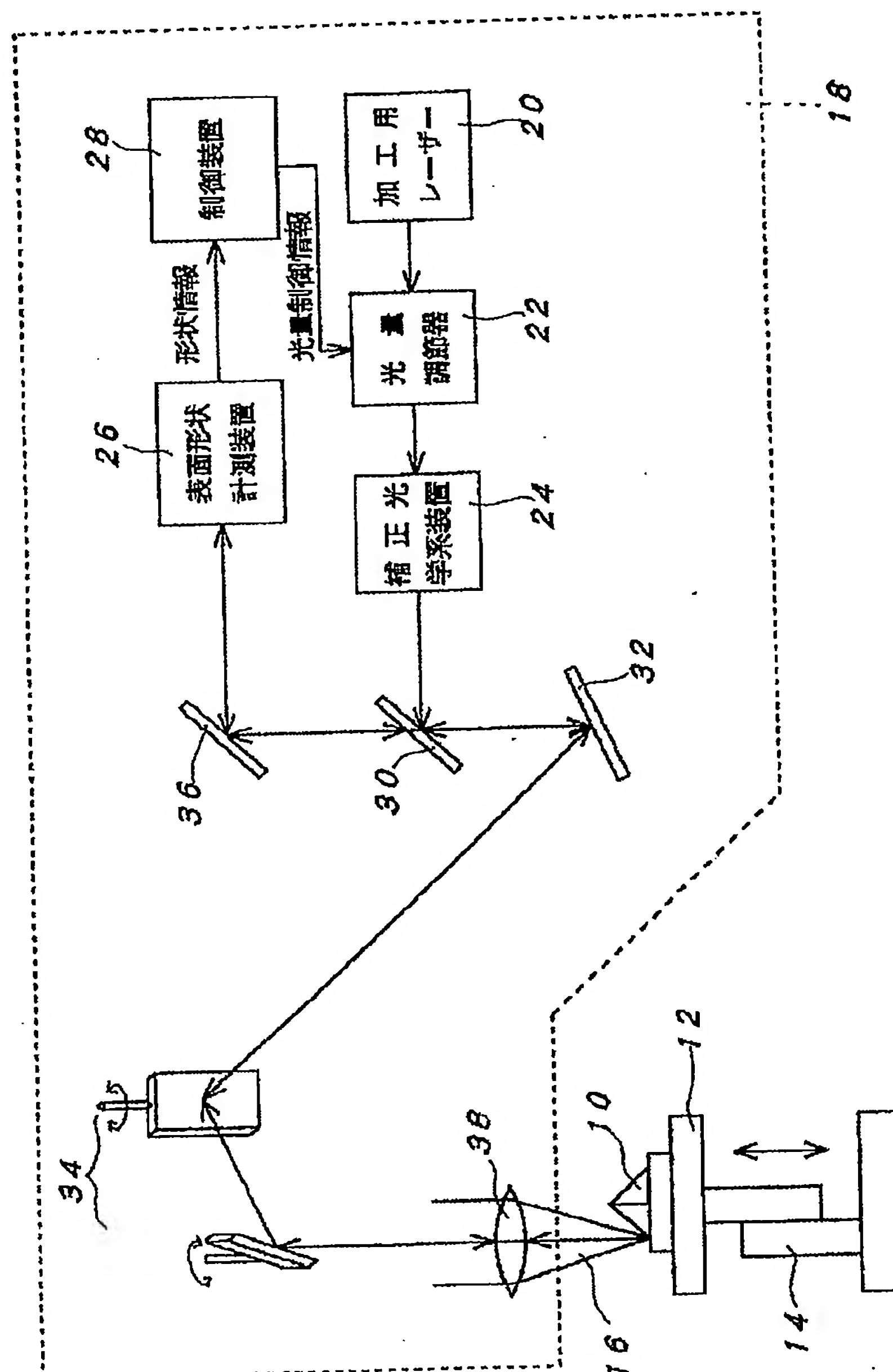
10、100、200、304、404	加工物
12、44	垂直方向移動ステージ
14	基台
16	レーザー光
18、18a、18b	レーザー照射システム
20	加工用レーザー
22	光量調節器
24	補正光学系
26	表面形状計測装置
28	制御装置
30	半透過ミラ

—
32
—
34
対
36
—
40
42
動ステージ

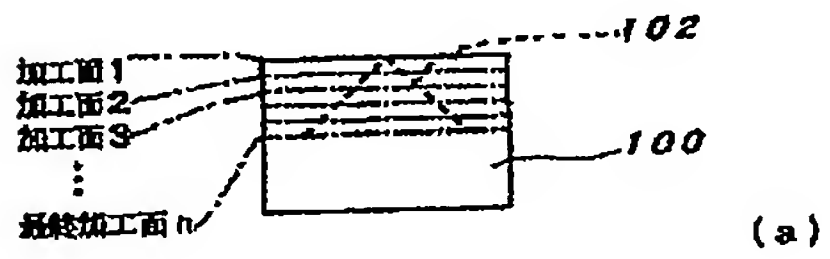
*102
全反射ミラ 202
200a、200b
可動ミラー 300
点距離の長いレンズ
全反射ミラ 302
—レーザー光の外縁
回転装置 400
水平方向移 点距離の短いレンズ
*10 402

三角錐
三角柱
端面
比較的焦
加工用レ
比較的焦
照射位置

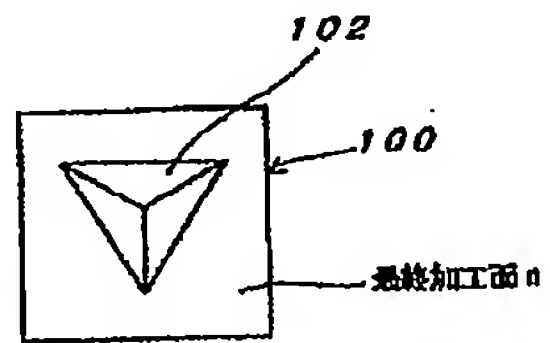
【図1】



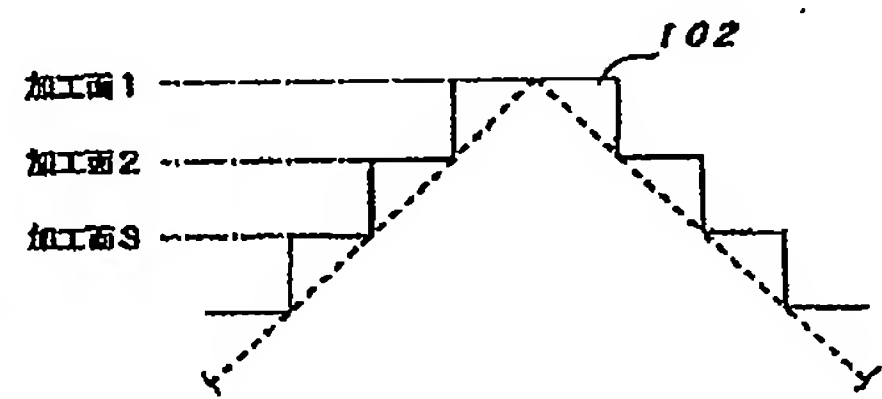
【図2】



【図3】



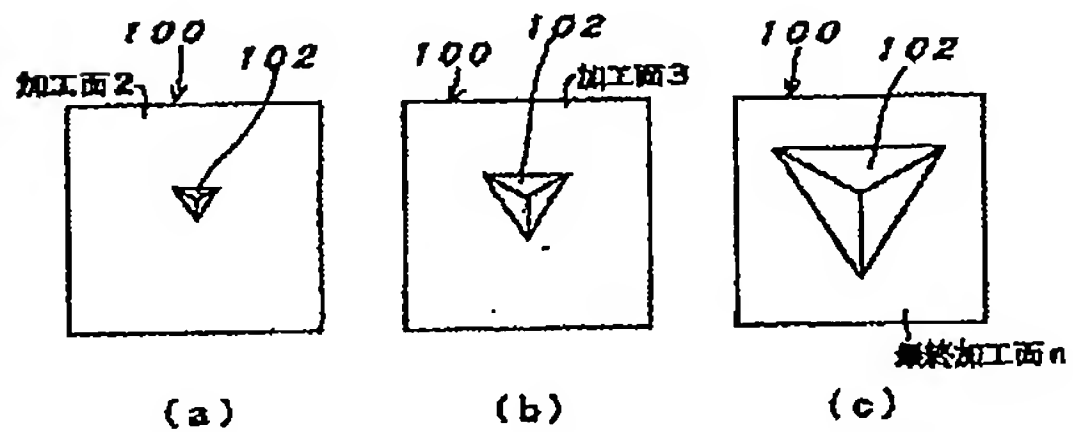
【図5】



(a)

(b)

【図4】

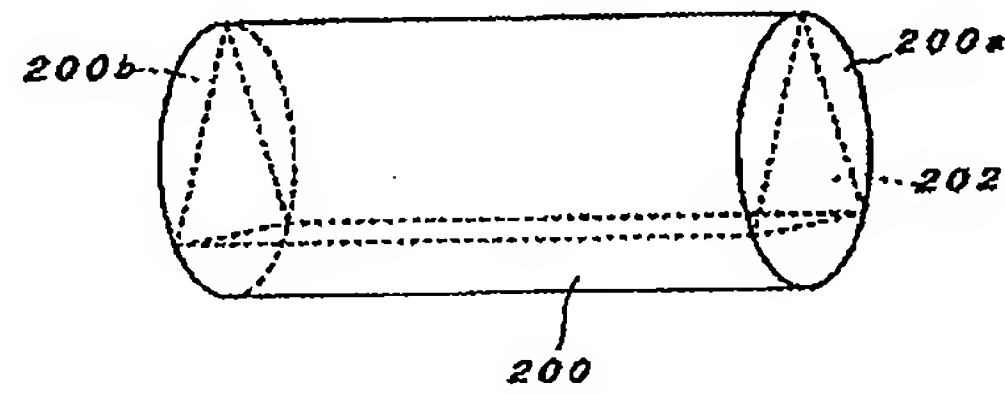


(a)

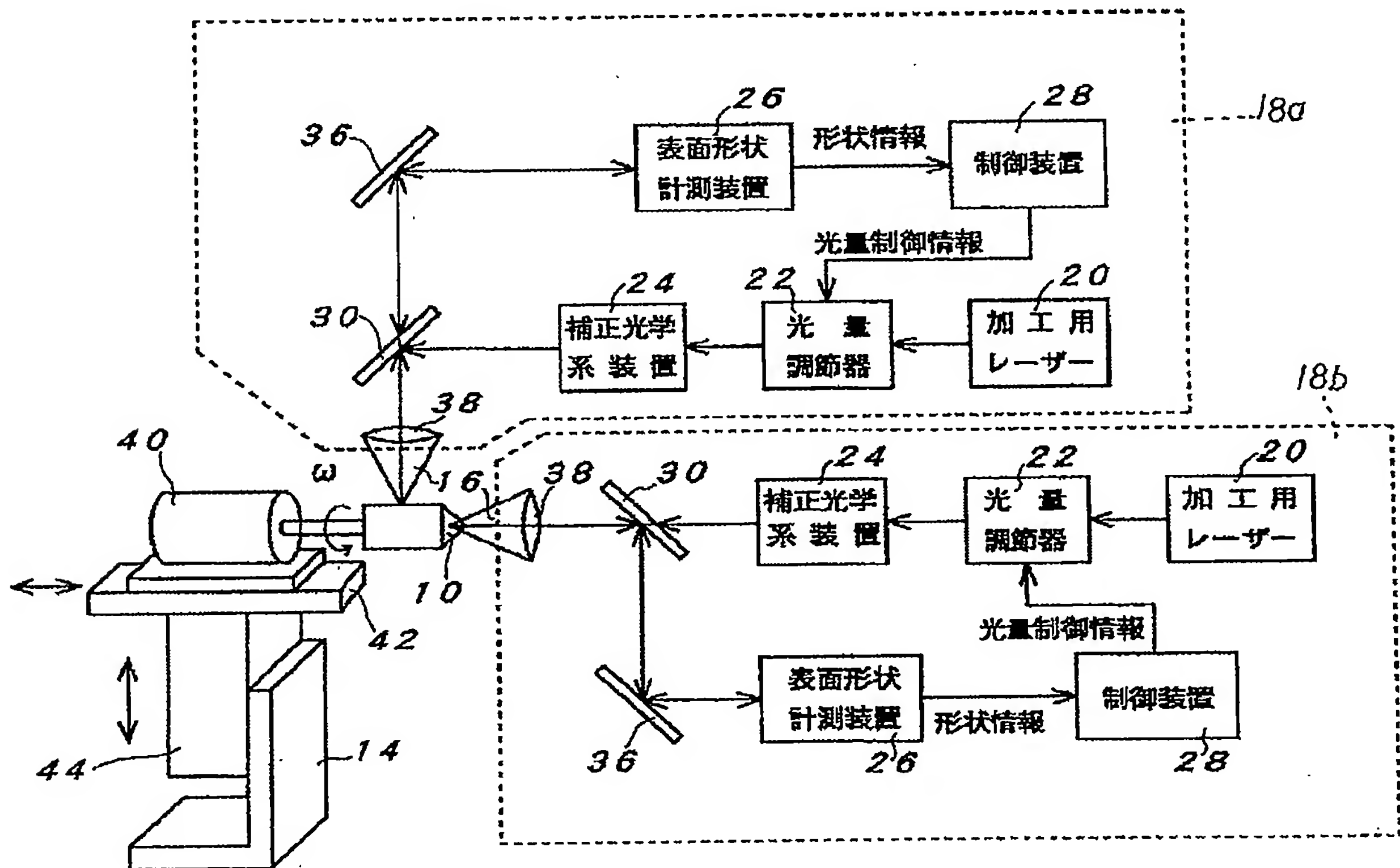
(b)

(c)

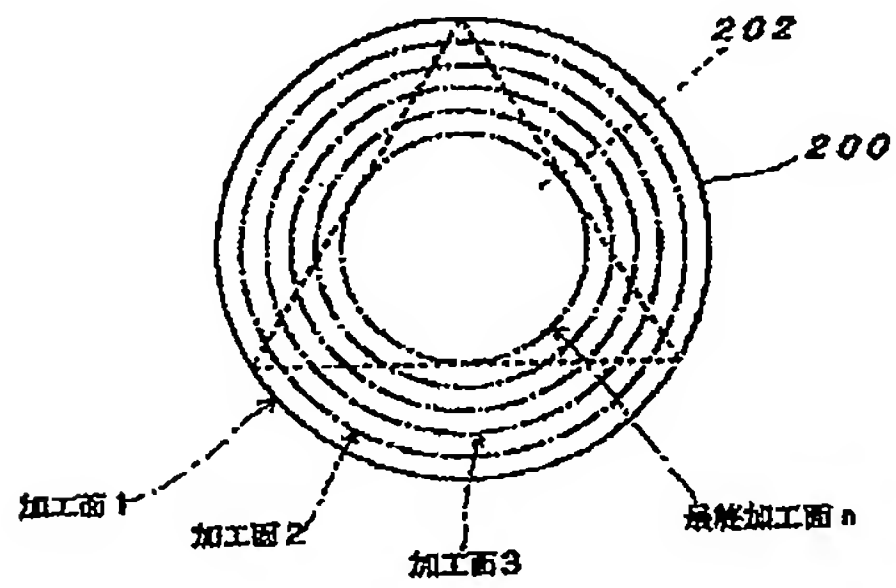
【図7】



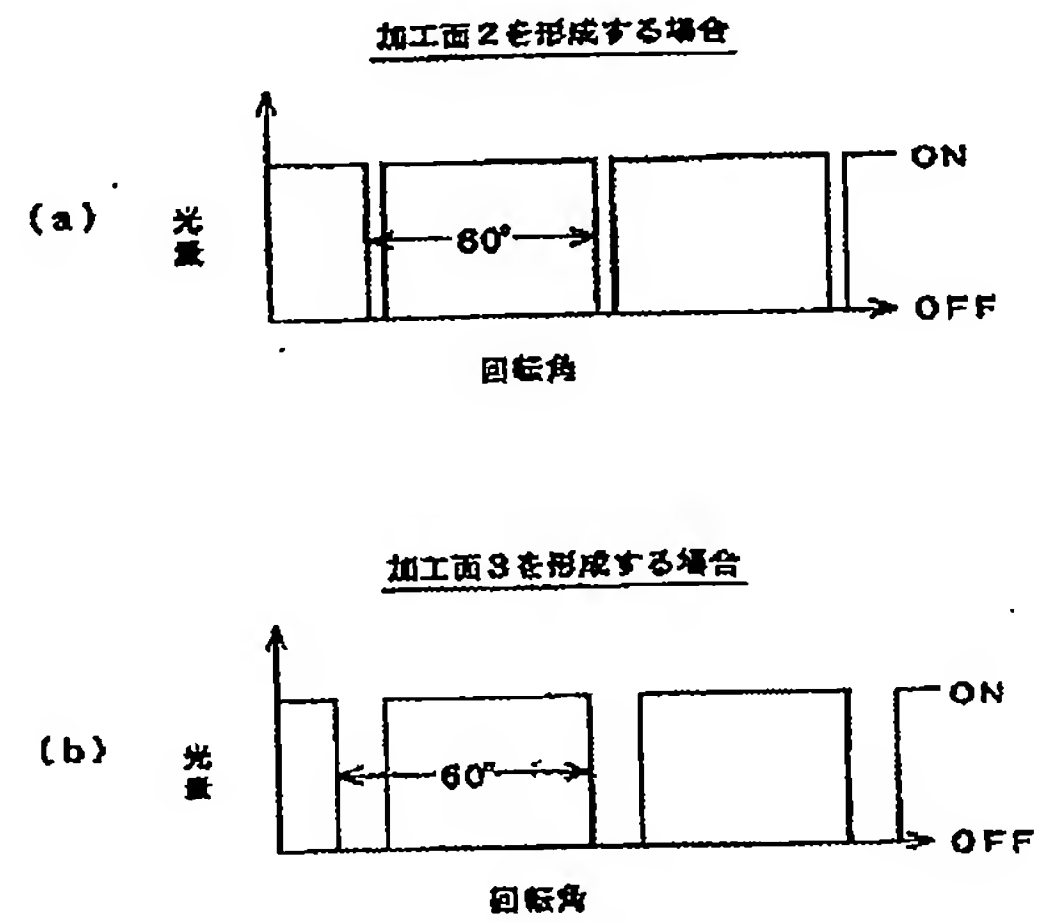
【図6】



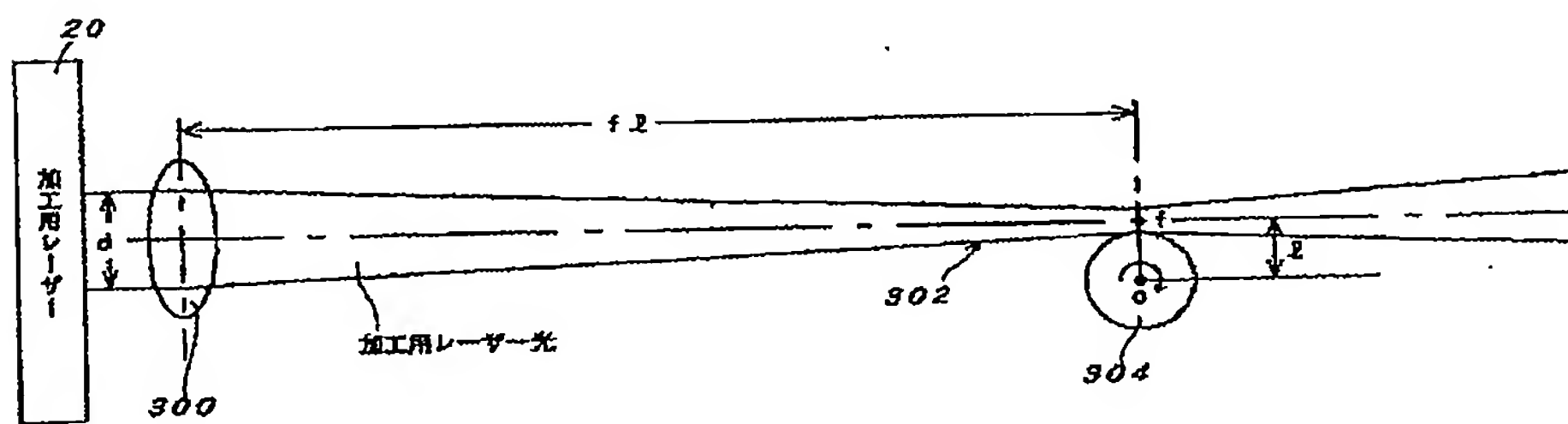
【図8】



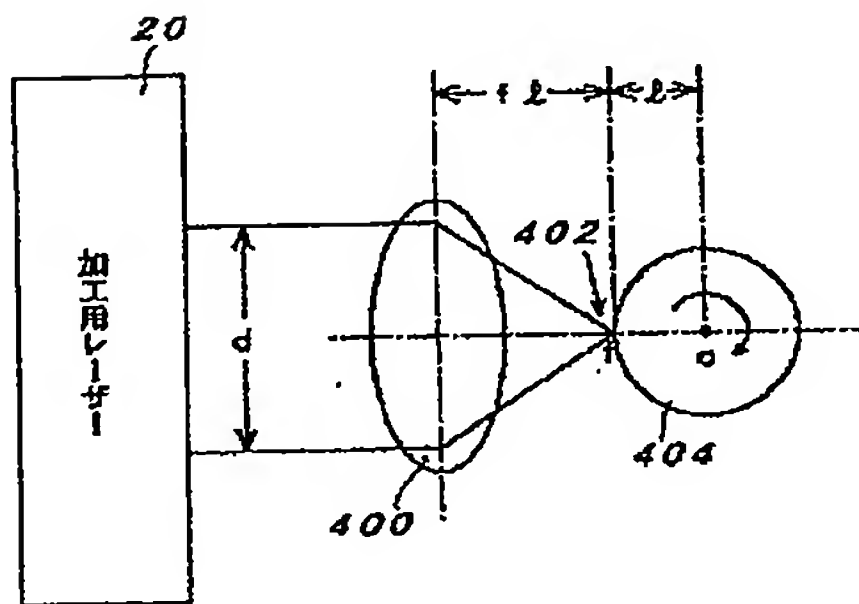
【図9】



【図10】



【図11】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.⁶

B 2 3 K 26/06

26/08

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

A

H